



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁷ : A61B 3/113, 5/11	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/24309
		(43) Date de publication internationale: 4 mai 2000 (04.05.00)

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/02571

(22) Date de dépôt international: 22 octobre 1999 (22.10.99)

(30) Données relatives à la priorité:
98/13272 22 octobre 1998 (22.10.98) FR(71) Déposant: RENAULT [FR/FR]; 34, quai du Point du Jour,
F-92109 Boulogne Billancourt Cedex (FR).(72) Inventeur: LAVERGNE, Christophe; 3, rue Trarieux, F-92600
Asnières (FR).(74) Mandataire: ROUGEMONT, Bernard; Renault Technocentre,
S. 0267 - TCR AVA 056, 1, avenue du Golf, F-78288
Guyancourt (FR).(81) Etats désignés: JP, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE,
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: SYSTEM FOR DETECTING A MOTOR VEHICLE DRIVER'S SLEEPINESS

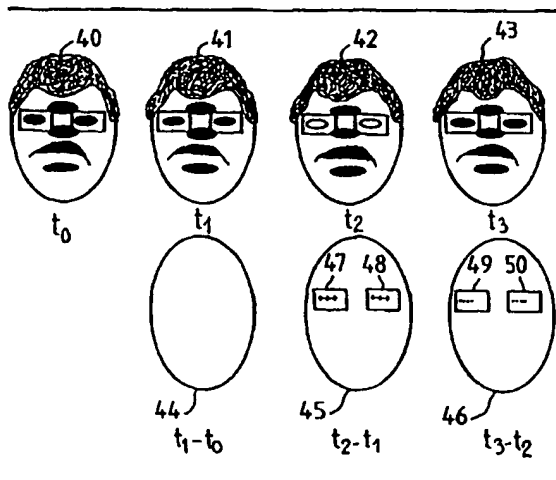
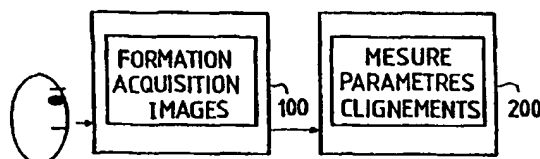
(54) Titre: DETECTION DE SOMNOLENCE D'UN CONDUCTEUR DE VEHICULE

(57) Abstract

The invention concerns a system for monitoring a motor vehicle driver's eyes to detect and prevent impaired alertness of, by sensing the movements of the eyelids. The system is characterised in that it consists in evaluating the start and end of blinking without attempting to localise the eyes statically. Statistical calculations on series of blinks constant in number obtained during a specific time interval enable to detect the groups of long-lasting blinks and assess the level of alertness. Preventing measures are implemented as required.

(57) Abrégé

L'invention concerne un système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule. L'invention détecte le mouvement des paupières. Le système selon l'invention évalue le début et la fin des clignements de paupière, sans jamais chercher à localiser les yeux de façon statique. Des calculs statistiques sur des séries de clignements de nombre constant obtenues pendant un temps déterminé permettent de détecter les groupes de clignements longs groupés et d'évaluer le niveau de vigilance. Des mesures préventives sont mises en oeuvre le cas échéant.



100...FORMING IMAGE ACQUISITION
200...MEASURING BLINKING PARAMETERS

Best Available Copy

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

Best Available Copy

DETECTION DE SOMNOLENCE D'UN CONDUCTEUR DE VEHICULE

La présente invention se rapporte à un système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule.

5 Plus particulièrement, l'invention concerne un système de détection et de prévention des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule basé sur l'observation et l'analyse des mouvements de paupières d'un conducteur de véhicule.

10

Une grande partie des accidents de la route, principalement les accidents de la route nocturnes, sont causés par une baisse de vigilance du conducteur. Les systèmes de détection de baisse de vigilance
15 revêtent donc une importance fondamentale pour la sécurité du conducteur.

Afin de ne pas gêner la tâche de conduite, un système de détection de baisse de vigilance ne doit pas être intrusif et ne doit nécessiter aucune
20 instrumentation particulière du conducteur (électrodes, lunettes, ...).

Il existe trois principales catégories de systèmes de détection et de prévention de baisse de vigilance:

25 Tout d'abord, il existe les systèmes basés sur l'analyse des signaux mécaniques liés au comportement

du véhicule. Le principe général de ces systèmes est que l'état de vigilance du conducteur a des conséquences détectables sur le comportement du véhicule, et que l'analyse de certains des paramètres caractérisant ce comportement permet d'évaluer l'état de la vigilance. Parmi ces paramètres, le signal de l'accélération latérale et de la vitesse de lacet, le signal de la position par rapport aux lignes blanches et le signal vitesse du véhicule sont envisageables.

Cependant, l'exploitation de ces signaux se heurte dans la pratique à plusieurs problèmes. Ces problèmes sont notamment liés à la variabilité inter-individu (des conducteurs différents ont des comportements différents qu'il est difficile de représenter à l'aide d'un modèle unique), la variabilité des situations de conduite (types de routes empruntées, moments de la journée, conditions climatiques) et la variabilité intra-individu (un unique conducteur peut avoir sur un circuit donné plusieurs comportements différents sans que cela soit imputable à son niveau de vigilance).

Une deuxième catégorie de systèmes de détection et de prévention des baisses de vigilance est la catégorie des systèmes basés sur l'action du conducteur sur les organes de commande du véhicule. L'action en question peut par exemple être la pression exercée par les mains sur le volant, la pression exercée sur la pédale d'accélérateur ou de frein, la manipulation des clignotants...

Cette catégorie de systèmes se heurte dans la pratique aux mêmes problèmes que la première catégorie de systèmes.

Enfin, la troisième catégorie de systèmes de détection et de prévention des baisses de vigilance est

la catégorie des systèmes basés sur l'observation du conducteur lui-même.

De tels systèmes proposent, par exemple, l'analyse de la position sur le siège et de la répartition de la pression exercée sur celui-ci. Aucune corrélation
5 fiable et robuste n'a cependant pu être établie pour tenir compte des différentes situations envisageables.

Un autre système propose la détection de l'affaissement de la tête, mais ce système est
10 difficile à instrumenter, légèrement intrusif et, surtout, il effectue une détection trop tardive pour permettre une prévention efficace.

Enfin, d'autres systèmes proposent une analyse des mouvements de paupières: les fermetures des paupières
15 constituent un des moyens les plus surs et les plus fiables pour réaliser une détection précoce des baisses de vigilance du conducteur. C'est à ce type de systèmes que le système selon l'invention appartient.

20 Dans cette catégorie de systèmes, trois classes de solutions ont déjà été proposées:

Tout d'abord, les brevets FR 2 713 352 et FR 2 702 285 divulguent l'utilisation de lunettes instrumentées détectant la fermeture des paupières à partir de
25 l'analyse des reflets d'un faisceau infrarouge sur la cornée de l'oeil. Outre le fait que cette solution oblige le conducteur à porter des lunettes spécifiques et contraignantes pour une utilisation régulière, les informations recueillies par ce système de mesure ne
30 permettent pas une détection précoce et fiable des baisses de vigilance.

Une deuxième classe de solutions est constituée par les solutions basées sur l'analyse des reflets
35 d'une source d'infrarouge sur la cornée d'un oeil à

partir d'une image vidéo captée par une caméra CCD et d'un traitement numérique adapté à cette image. Mais ces solutions ne permettent pas de dissocier les reflets sur les verres de lunettes et sur les montures brillantes du reflet sur la cornée. Par ailleurs, les traitements d'image proposés ne permettent pas d'accéder de manière fine à tous les paramètres recherchés pour caractériser la fermeture des paupières. Enfin, le système présenté dans le brevet US 5 573 006 interprète toute absence de détection des reflets comme un fermeture des paupières. Or une absence de détection des reflets peut avoir des causes diverses, telles que l'occultation du faisceau infrarouge ou du champ de la caméra, ou encore des mouvements de détournement de la tête.

La troisième classe de solutions existantes est composée des solutions basées sur l'analyse de la position de la paupière sur l'oeil. Cette analyse est effectuée à partir d'une image vidéo captée par une caméra CCD et un traitement numérique adapté de cette image. Les solutions proposées évitent notamment la gêne occasionnée par la nécessité du port des lunettes spécifiques, mais elles présentent encore certains inconvénients majeurs.

Le brevet US 5 218 387 propose un système qui réalise au préalable la localisation des yeux en analysant les formes des contours du visage. Mais la solution proposée dans ce brevet a plusieurs limitations:

- Tout d'abord, cette solution exige une extraction très précise du contour quasi complet du visage. Des éléments tels que l'appui-tête, peuvent perturber cette extraction. De plus, le critère choisi

pour déterminer la position des yeux, à savoir la position pour laquelle le niveau de la tête est de largeur maximale, n'est pas toujours valide. En effet, il suffit que le conducteur incline légèrement la tête, ou qu'il ait une morphologie particulière (barbe, cheveux longs...) pour infirmer le critère en question.

- D'autre part, la reconnaissance des yeux est basée sur l'analyse simultanée du blanc de l'oeil, de l'iris, et de la pupille. Ce type d'analyse ne peut se faire qu'à très haute résolution avec un cadrage très serré de la tête, nécessitant un dispositif d'adaptation de la position de la caméra suivant la taille et la position du conducteur. L'utilisation nocturne de cette solution est encore plus complexe du fait de la diminution du contraste entre la cornée et l'iris alors éclairés par des sources lumineuses dans le proche infrarouge.

- Par ailleurs, cette solution propose un module de mesure de la position des paupières qui consiste à extraire le bord des paupières et la base de l'oeil. Or pour de nombreux cas de figure, le bord des paupières ne peut pas être extrait de l'image à cause d'un contraste insuffisant. C'est notamment le cas pour les personnes à pilosité claire, ou quand un mauvais contraste est généré par l'éclairage infrarouge.

- Enfin, la solution du brevet US 5 218 387 propose de déclencher des alarmes selon un simple critère de dépassement d'un seuil de temps de clignement. Ce critère de déclenchement est dans la pratique inapproprié.

Le brevet FR 2 734 701 présente un système qui part du principe que les caractéristiques grossières des yeux, telles que le contraste entre ces derniers et la partie du visage qui les entoure, ou bien la forme

des yeux, permettent de présélectionner des zones de l'image dont certaines contiendront les yeux. Un algorithme selon cette solution analyse ensuite les positions relatives des différentes zones sombres. Puis
5 une analyse fine à résolution maximale des zones présélectionnées est effectuée afin de ne retenir que les deux zones censées contenir les yeux.

Or le cadrage de la tête devant être relativement large, l'oeil n'est alors plus représenté que par un
10 nombre relativement restreint de points. De plus, l'éclairage du visage dans le proche infrarouge, nécessaire la nuit, diminue les contrastes des différentes parties de l'oeil entre elles et notamment entre l'iris et la cornée.

Or il faut considérer que la variété des morphologies du visage humain est quasiment infinie. Si l'on prend en compte les caractéristiques du système pileux, (couleur, homogénéité de la coloration, mode d'implantation), l'absence ou la présence de lunettes,
20 la forme du visage, le maquillage, on arrive à un nombre trop élevé de solutions indépendantes pour pouvoir formaliser un algorithme de localisation des yeux à partir de critères qui se basent uniquement sur les positions relatives entre les différentes zones
25 sombres du visage. Il arrive alors que selon les critères des méthodes de reconnaissance de forme, certaines parties des sourcils, des lunettes, de la barbe, des moustaches et autres, ressemblent soit autant, soit bien plus à des yeux que les yeux
30 eux-mêmes surtout lorsqu'ils sont fermés.

En fait, pour tous les systèmes qui essaient de localiser les yeux par une analyse statique, comme c'est le cas pour les systèmes qui viennent d'être décrits, les difficultés qui viennent d'être présentées
35 existeront toujours.

Pour mesurer l'ouverture de l'oeil, le brevet FR 2 734 701 propose un algorithme qui enregistre, à un instant t , les deux zones de référence supposées contenir chacune un oeil ouvert. Une différence quadratique est ensuite effectuée entre les zones de l'image, supposées contenir les yeux, prises à différents instants. Il est ainsi possible d'obtenir une courbe de l'évolution au cours du temps de la position de la paupière sur l'oeil.

Cependant, la solution décrite n'explicite pas comment elle détermine que la zone de référence correspond à un oeil grand ouvert. Or le choix de cette zone de référence détermine de façon prépondérante la précision de la mesure du degré de l'ouverture de l'oeil. De plus, il faut ajouter que cette mesure est sensible au mouvement de tête du sujet. En fait si l'on suppose que la position des yeux est correctement détectée, ce genre de mesures ne fonctionne que pour une personne qui reste quasiment immobile. Enfin, le brevet FR 2 734 701 ne propose pas de solution pour évaluer le niveau de vigilance du sujet.

La présente invention propose de pallier les différentes insuffisances des systèmes de l'état de la technique déjà cités, et de fournir un moyen non invasif et fiable pour la détection de l'état de vigilance du conducteur en vue d'actions préventives empêchant son endormissement, le prévenant des risques liés à son état et prenant toute autre mesure susceptible de garantir la sécurité.

L'invention réalise l'acquisition d'images de la face du conducteur et le traitement numérique de ces images. Elle réalise ensuite la mesure des paramètres liés aux clignements des paupières. L'analyse de ces paramètres selon des critères et des algorithmes

déterminés, est alors effectuée. Le niveau de vigilance du conducteur est déduit de ces analyses. Enfin, une action appropriée est mise en oeuvre quand ce niveau de vigilance est jugé non compatible avec la tâche de conduite.

Les originalités du système selon l'invention permettent de mesurer le niveau de vigilance d'une personne, quelque'elle soit, c'est à dire indépendamment de sa physionomie, de la morphologie de ces yeux, de l'absence ou de la présence de lunettes, de la plupart des mouvements de tête qu'elle effectue en conduisant, et quel que soit le type de véhicule conduit.

Le système selon l'invention fonctionne aussi indépendamment des caractéristiques de clignements des yeux du conducteur du véhicule, telle que la fréquence de clignements, la fréquence et la durée des clignements longs, ou encore du fait que la personne s'endorme les yeux ouverts

Le système proposé par l'invention peut être expliqué d'un point de vue fonctionnel à partir d'un découpage en quatre sous-systèmes : le premier sous-système réalise la formation de l'image du visage du conducteur et la transmission de cette image au deuxième sous-système. Le deuxième sous-système traite l'image du visage du conducteur pour mesurer les paramètres pertinents du clignement de paupières et envoie ces mesures au troisième sous-système. Le troisième sous-système estime le niveau de vigilance à partir des mesures envoyées par le deuxième sous-système et envoie cette estimation au quatrième sous-système. En fonction de l'information qu'il reçoit du troisième sous-système, le quatrième sous-système génère l'action appropriée pour éventuellement prévenir le conducteur de sa baisse de vigilance.

L'invention concerne donc un système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule caractérisé en ce qu'il comprend:

- 5 - des moyens de détection du mouvement des paupières du conducteur,
- des moyens d'analyse du mouvement des paupières du conducteur,
- 10 - des moyens pour fournir une rétroaction au conducteur.

Suivant un perfectionnement de l'invention, le système de l'invention est caractérisé en ce que les moyens de détection du mouvement des paupières du conducteur comprennent notamment:

- 15 - des moyens d'acquisition d'image pour acquérir des images notamment du visage du conducteur,
- des moyens pour extraire de l'image une sous-image, ou masque, contenant uniquement le visage ou une partie du visage,
- 20 - des premiers moyens de traitement d'image pour réaliser un recalage spatial des sous-images acquises à différents instants,
- des second moyens de traitement d'image pour effectuer une différence entre des sous-images
- 25 acquises.

Suivant un perfectionnement de l'invention, le système de l'invention est caractérisé en ce que le recalage entre les sous-images acquises est effectué en minimisant une distance entre ces sous-images.

- 30 Suivant un perfectionnement de l'invention, le système de l'invention est caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour ne pas prendre en compte les images qui présentent une différence trop importante avec l'image précédente.

Suivant un perfectionnement de l'invention, le système de l'invention est caractérisé en ce que les second moyens de traitement d'image comprennent des moyens pour mesurer le temps de clignement des paupières du conducteur.

Suivant un perfectionnement de l'invention, le système de l'invention est caractérisé en ce que les seconds moyens de traitement d'image comprennent des moyens pour agrandir artificiellement, sur les images acquises, la taille des pupilles du conducteur.

Suivant un perfectionnement de l'invention, le système de l'invention est caractérisé en ce que les moyens d'analyse du mouvement des paupières comprennent:

- des moyens pour mettre en oeuvre un algorithme d'analyse de série de clignements, les séries de clignements étant composées d'un nombre constant de clignements,

- des moyens pour repérer les séries de clignements dont la durée est élevée.

Suivant un perfectionnement de l'invention, le système de l'invention est caractérisé en ce que l'algorithme d'analyse de série de clignements sauvegarde le maximum de la moyenne des séries de clignements qui se sont constituées durant un intervalle de temps t .

Suivant un perfectionnement de l'invention, le système de l'invention est caractérisé en ce que l'algorithme d'analyse de séries de clignements fait intervenir une valeur seuil à laquelle sont comparés des paramètres statistiques calculés sur les séries de clignements dont la durée est élevée.

Suivant un perfectionnement de l'invention, le système de l'invention est caractérisé en ce que les paramètres statistiques calculés sur les séries de

clignements dont la durée est élevée sont pré-traitées afin de s'adapter à la valeur seuil.

Suivant un perfectionnement de l'invention, le système de l'invention est caractérisé en ce que chaque
5 série de clignements est constituée de dix clignements.

Suivant un perfectionnement de l'invention, le système de l'invention est caractérisé en ce que l'intervalle de temps t est de 1 minute.

Suivant un perfectionnement de l'invention, le
10 système de l'invention est caractérisé en ce que les moyens d'acquisition d'image comprennent notamment une caméra CCD.

Suivant un perfectionnement de l'invention, le système de l'invention est caractérisé en ce que la
15 résolution de la caméra CCD est de 512X512 pixels.

La présente invention concerne également un procédé pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule caractérisé en ce qu'il comprend les étapes
20 qui consistent à:

- acquérir de façon non invasive des images du visage d'un conducteur,
- détecter les mouvements de paupières du conducteur,
- 25 - traiter les images acquises,
- fournir une rétroaction à l'individu.

Suivant un perfectionnement de l'invention, le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que l'étape consistant à traiter les images acquises
30 comprend les étapes qui consistent à:

- extraire de chaque image une sous-image contenant le visage ou une partie du visage dite masque,

- conserver uniquement les images ne présentent pas par rapport à l'image précédente, une différence inférieure à un seuil prédéterminé,

- recalcr les masques successifs,

5 - grossir artificiellement les pupilles du conducteur,

- effectuer une différence entre les masques recalés,

10 - mesurer le temps de montée et de descente des paupières,

- isoler les séries de clignements considérés comme longs après comparaison à un second seuil prédéterminé,

15 - sauvegarder le maximum de la moyenne de la moyenne des séries de clignements qui se sont constituées durant un intervalle de temps t.

Suivant un perfectionnement de l'invention, le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que l'étape consistant à fournir une rétroaction à l'individu comprend l'étape de générer des messages vocaux appropriés.

20 Suivant un perfectionnement de l'invention, le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que l'étape consistant à fournir une rétroaction à individu comprend l'étape de mettre en route des clignotants pour signaler à l'extérieur un état avancé de baisse de vigilance.

30 Suivant un perfectionnement de l'invention, le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que l'étape consistant à fournir une rétroaction à l'individu comprend l'étape d'engager un ralentissement progressif du véhicule, le dit ralentissement pouvant aller jusqu'à l'arrêt du véhicule.

Les différents aspects et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement dans la suite de la description en référence aux figures qui ne sont données qu'à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention et qui sont à présent introduites :

- la figure 1 illustre un schéma fonctionnel de l'organisation du système de détection et de prévention des baisses de vigilance selon l'invention,

- la figure 2 illustre une implantation physique possible d'un système selon l'invention dans l'habitacle d'un véhicule,

- la figure 3 illustre un schéma fonctionnel d'une réalisation particulière selon l'invention du processus de mesure du paramètre de durée du temps de clignement,

- la figure 4 illustre le principe de mesure du temps de clignement par recalage dynamique et différence d'image des masques du visage.

- la figure 5 illustre un schéma fonctionnel d'une réalisation particulière selon l'invention du système de calcul du niveau de vigilance du conducteur.

A la figure 1, l'organisation fonctionnelle du système de détection et de prévention est représentée sous la forme d'un schéma fonctionnel divisé en quatre principaux sous-systèmes.

Un premier sous-système 100 est le système de formation de l'image du visage du conducteur et de transmission de cette image à un deuxième sous-système 200. Le deuxième sous-système 200 est le système qui traite l'image du visage du conducteur pour mesurer les paramètres pertinents du clignement de paupières et qui envoie ces mesures à un troisième sous-système 300. Le troisième sous-système 300 estime le niveau de vigilance à partir des mesures envoyées par le sous-système 200 et envoie cette estimation à un quatrième

sous-système 400. L'estimation de la vigilance est réalisée au cours de trois étapes successives : une première étape 302 de pré-traitement des paramètres de durée des clignements; une deuxième étape 304 de calculs de fonctions caractéristiques du niveau de vigilance; une troisième étape 306 d'évaluation effective du niveau de vigilance. Ces différentes étapes seront détaillées dans la suite de la description. En fonction de l'information qu'il reçoit du troisième sous-système 300, le quatrième sous-système 400 génère l'action appropriée pour prévenir, si besoin est, la baisse de vigilance du conducteur. Le quatrième sous-système est une interface homme-machine qui, à partir de l'évaluation effective du niveau de vigilance, avertit le conducteur ou agit directement sur l'environnement du conducteur.

Le premier sous-système 100 et le deuxième sous-système 200 constituent des moyens de détection du mouvement des paupières du conducteur.

Le troisième sous-système 300 constitue des moyens d'analyse du mouvement des paupières du conducteur.

Le quatrième sous-système 400 constitue des moyens pour fournir une rétroaction au conducteur.

A la figure 2, un système de prise de vue, qui permet la formation optique de l'image d'un conducteur 21, est représenté. Ce système de prise de vue comprend notamment une ou plusieurs sources d'éclairage 22, comme par exemple des diodes électroluminescentes (LED) qui émettent dans le proche infrarouge. Un angle d'émission α de ces LED doit être suffisamment large (supérieur à 45°) pour permettre un éclairage aussi homogène que possible du champ de prise de vue. Le système de prise de vue comprend aussi une petite caméra 23 placée devant le conducteur de telle façon

que le visage du conducteur est en permanence
entièrement dans le champ de vision de cette caméra, et
cela sans que des réglages de positionnement de la
caméra soient nécessaires. La caméra 23 peut être
5 réalisée à l'aide d'un capteur CCD. Cette caméra doit
être aussi petite que possible et avoir une bonne
sensibilité dans la bande spectrale considérée. Si
l'évolution des technologies le permet, il sera
avantageux de prendre des caméras avec des résolutions
10 supérieures à 512x512 pixels.

Le système de prise de vue comprend également un
moyen de transmission 24 de l'image vidéo vers une
première unité de calcul 25. Cette première unité de
calcul 25 réalise la mesure des paramètres du
15 clignement par un traitement d'images. Les paramètres
du clignement sont ensuite utilisés pour évaluer le
niveau de vigilance du conducteur. Cette évaluation
peut se faire soit dans la première unité de calcul 25,
soit dans une seconde unité de calcul 26 indépendante.
20 L'unité de calcul effectuant l'évaluation génère un
signal approprié 27 soit d'informations au conducteur
soit d'actions sur l'environnement du conducteur.

Le système de prise de vue présenté à la figure 2
peut également être mis en place dans des véhicules de
25 type poids-lourds.

A la figure 3, le deuxième sous-système 200,
présenté à la figure 1, est détaillé sous la forme d'un
schéma fonctionnel. Dans la réalisation illustrée, le
30 processus de mesure du paramètre de durée du temps de
clignement est réalisé via un calculateur sur lequel
est implanté un algorithme de traitement d'images
permettant d'effectuer les mesures souhaitées.

Des images acquises 202 par la caméra 23 (à une
35 fréquence supérieure ou égale à 25 images par seconde)

sont transmises à une unité de calcul sur laquelle est implanté un algorithme de traitement d'images permettant la mesure des paramètres liés à la durée de clignement. Cette unité peut schématiquement être
5 divisée en 4 modules :

Un premier module 204 transforme, pour chaque image, le signal vidéo en information numérisée, associant à chaque pixel de l'image un niveau de gris correspondant à l'éclairement de celui-ci. L'unité de
10 calcul dispose de capacités de mémoire suffisantes pour pouvoir accéder à un instant donné aux informations représentant les dernières images numérisées et sauvegardées.

Un deuxième module 206 et un troisième module 208,
15 qui constituent des premiers moyens de traitement d'image, réalisent le recalage de la dernière image acquise par rapport aux précédentes images acquises et sauvegardées.

Un quatrième module 210 , qui constitue des
20 seconds moyens de traitement d'image, détecte les clignements du conducteur et mesure les paramètres liés à leur durée en se basant sur les différences entre images successives. Ces paramètres sont ensuite envoyés au module de mesure du niveau de vigilance 300. Les
25 paramètres mesurés sont indépendants de la morphologie et du degré d'ouverture de l'oeil du conducteur au moment où débute le clignement.

Un exemple préféré de réalisation, selon
30 l'invention, du deuxième module 206 et du troisième module 208 permettant le recalage de la position du visage d'une image à l'autre est proposé. D'autres réalisations peuvent être envisagées et mises en oeuvre sans nuire au principe de mesure selon l'invention.

Dans cet exemple, le deuxième module 206 réalise la segmentation du visage par rapport au reste de l'image. Le visage est un objet de l'image qui a plusieurs propriétés. C'est un des objets qui se trouve
5 à une des plus petites distances de l'objectif de la caméra et qui fait partie des objets qui sont à la fois dans le champ de la caméra et qui sont bien éclairés. En effet, d'une part la source d'éclairage est spécialement conçue pour optimiser l'éclairage du
10 visage, et d'autre part la réflexion de la peau dans le proche infrarouge est relativement élevée. Ceci permet de considérer comme hypothèse de départ que le visage fait partie des objets les plus éclairés de la scène à analyser.

15 On procède alors à la segmentation des objets clairs de l'image. Pour cela, on sous-échantillonne l'image et on applique sur cette image un filtre qui moyenne les niveaux de gris des pixels de l'image. Ceci permet d'obtenir une image du visage qui apparaît alors
20 comme une surface claire et homogène. Un traitement adapté permet d'extraire les surfaces les plus claires du reste de l'image. Une analyse de scène est alors réalisée à partir de cette image basse résolution. L'analyse des paramètres de position, de surface et de
25 forme des objets permet d'identifier des classes d'objets, d'en éliminer certains et d'en modifier d'autres. Par exemple, la transition horizontale d'un appuie-tête peut être détectée, et le bas du visage peut être construit par extrapolation de la partie
30 supérieure. Cette analyse permet aussi d'avoir des informations de contexte sur la position et les mouvements du conducteur, le masquage de la caméra par le volant, la qualité de l'éclairage et le contraste de l'image. Ces derniers points peuvent être utilisés pour
35 diagnostiquer des conditions dans lesquelles l'image ne

peut pas être analysée, et par conséquent des conditions pour lesquelles des images ne sont pas prises en compte.

5 Le deuxième module 208 de traitement d'images réalise le recalage de la surface claire ou des surfaces claires sélectionnées qui définissent des masques du visage au cours du temps. L'objectif est de pouvoir superposer les masques du visage extraits à des
10 instants t , $t-dt$, $t-2dt$, ..., $t-kdt$ afin de calculer les différences entre ces masques. Pour réaliser ce recalage, un algorithme du deuxième sous-système 200 cherche à minimiser une distance entre les masques obtenus à des instants différents. La distance utilisée
15 peut être par exemple, la somme des valeurs absolues des différences entre les pixels. Plusieurs méthodes de calcul sont possibles pour obtenir rapidement ce minimum. Si la distance entre les images successives devient trop élevée, les opérations de recalage sont
20 alors interrompues et recommencent lorsque la minimisation de la distance est jugée satisfaisante. Ce cas de figure se présente notamment dans le cas de mouvements de tête trop complexes ou de variations d'éclairage.

25 Ces propriétés des opérations de recalage du masque du visage du conducteur permettent donc de comprendre pourquoi ce système peut aussi bien évaluer le niveau de vigilance d'un conducteur de véhicule
30 léger (quasiment immobile) que celui d'un conducteur de camion qui est presque toujours en mouvement.

 Bien que d'autres méthodes de recalage peuvent être utilisées, le principe du recalage à partir d'images segmentées du visage est essentiel dans
35 l'invention. On peut noter que, jusqu'à présent,

l'algorithme n'a jamais cherché à localiser les yeux du sujet. A ce niveau de l'algorithme, on se retrouve avec une série d'images de masques du visage recalées entre elles et indexées par le temps.

5

Le module de mesure du temps de clignement 210 comprend un algorithme qui fait la différence entre le masque du visage à l'instant $t-dt$ et le masque du visage à l'instant t . Le module 210 fait de même entre
10 le masque du visage à l'instant $t-2dt$ et le masque à l'instant t et ainsi de suite jusqu'à l'instant $t-kdt$. Le paramètre k détermine le temps de descente de paupière le plus lent que le module 210 est capable de détecter.

15 Lorsque l'on fait la différence entre des images acquises à des instants différents, tous les éléments qui constituent le visage et qui sont fixes disparaissent. On s'affranchit ainsi de la variabilité de morphologie de visage des personnes tout en obtenant
20 la mesure de la durée de clignement.

Lorsque la paupière commence à descendre, elle recouvre de plus en plus l'iris et la pupille. Les différences d'images réalisées au moment d'un début de clignement de paupière font donc apparaître des zones
25 de différences positives. Le contraste maximum apparaît entre la pupille et la paupière.

Lorsque la paupière remonte, une zone sombre (pupille et iris) recouvre une zone qui était claire précédemment. Si l'on fait la différence entre l'image
30 la plus vieille dans le temps et l'image la plus récente, deux zones négatives apparaissent dans la région qui délimite le visage. La détection et l'analyse de ces zones positives et négatives permettent de mesurer la durée du clignement.

35

La figure 4 illustre le principe de mesure du temps de clignement pour recalage dynamique et différences d'image des masques du visage. Différentes expressions, 40, 41, 42 et 43 d'un visage de conducteur
5 sont représentés à des instants différents, respectivement t_0 , t_1 , t_2 et t_3 .

Des images différence, 44, 45 et 46, permettent de visualiser les mouvements au cours du temps, respectivement entre les instants t_1 et t_0 , t_2 et t_1 ,
10 et t_3 et t_2 . Sur les images différence, le contour du visage a été symboliquement représenté. Le visage différence 44 est vide: aucun mouvement n'a été détecté entre les instants t_1 et t_0 , le conducteur a gardé les yeux ouverts. Le visage différence 45 présente deux
15 zones positives 47 et 48: entre les instants t_2 et t_1 , le conducteur a fermé les yeux. Le visage différence 46 présente deux zones négatives 49 et 50: entre les instants t_3 et t_2 , le conducteur a ouvert les yeux.

Pour s'affranchir des cas où la pupille est contractée ou de taille réduite, on réalise une
20 opération de dilatation artificielle des zones sombres sur tous les masques du visage. Ce pré-traitement de l'image permet une détection de la descente des paupières très fiable et indépendante de la taille de la pupille. Une reconnaissance de forme des zones
25 positives qui apparaissent permet ensuite de caractériser les régions positives qui peuvent être générées par les mouvements de paupières. La reconnaissance du clignement est d'autant plus fiable
30 que l'on se donne plus de temps pour analyser la dynamique de croissance de la zone positive puis de la zone négative lorsque la paupière remonte. Le début d'un clignement est validé si l'on constate que la croissance au cours du temps de deux zones positives
35 est conforme à un mouvement de descente complète de

paupières. Pour être validés comme un clignement de paupières, les couples de zones positives et les couples de zones négatives doivent vérifier plusieurs types de critères statistiques et dynamiques.

5 Ce principe de mesure des mouvements de paupières explique bien pourquoi le système peut réaliser des mesures des temps de clignement indépendantes des caractéristiques et de la position du visage ou des vêtements de la personne observée par le système. Le
10 recalage suivi de la différence des images segmentées comprenant le visage à des instants différents réalisent un filtre qui ne garde que les parties mobiles du visage qui, soit occultent une zone sombre, soit découvrent une zone sombre. Les paupières sont les
15 seuls objets du visage qui sont sélectionnés par ce filtre.

Le processus dynamique de détection d'un début de clignement par l'algorithme selon l'invention, est le
20 suivant: l'analyse des caractéristiques statiques et dynamiques des zones positives permet de détecter la présence d'un éventuel début de clignement. L'apparition puis la croissance de zones positives caractérisent le mouvement de descente des paupières,
25 alors que l'apparition puis la croissance de zones négatives caractérisent la remontée des paupières. A l'instant t , l'algorithme possède en mémoire plusieurs séries de masques du visage. Il possède les masques du visage de l'instant t à l'instant $t-kdt$, ainsi que
30 toutes les différences de masque d'indices t à $t-(k-1)dt$ avec le masque d'indice $t-kdt$. Deux cas se présentent alors :

- soit aucune phase complète n'a été détectée : la paupière n'a pas bougé sur l'oeil ou la paupière ne
35 s'est pas arrêtée de descendre. Dans ce cas l'image

$t+dt$ est acquise et l'on calcule toutes les différences de masques d'indices $t+dt$ à $t-(k-2)dt$ avec le masque d'indice $t-(k-1)dt$ et l'on recommence le processus décrit ci-dessus.

5 - soit une phase complète de descente de la paupière a été détectée et validée : un masque d'indice n correspondant à la fin de descente de la paupière est gardé en mémoire ainsi que les régions positives correspondant au mouvement de descente complet des
10 paupières. On analyse ensuite la phase de remontée de la paupière. Le masque d'indice n devient le masque de référence que l'on soustrait à tous les masques d'indices suivant jusqu'à la fin de la phase de remontée des paupières.

15 De la même façon l'analyse de critères statistiques et dynamiques permet de contrôler et de valider la remontée des paupières. La phase de remontée de la paupière est considérée comme terminée lorsque les caractéristiques statiques et dynamiques du couple
20 des zones négatives observées sont égales à celles des zones positives à un pourcentage d'erreur près. L'algorithme se remet alors en phase d'attente de début de clignement.

25 A la figure 5, le troisième sous-système 300, présenté à la figure 1, est détaillé sous la forme d'un schéma fonctionnel. Le troisième sous-système 300 est composé de trois sous-modules.

30 Un premier sous-module 302 réalise un pré-traitement non linéaire sur chaque clignement en éliminant les clignements dont la durée totale est supérieure à une durée D_{max} ou inférieure à une durée D_{min} , et en écrêtant ceux dont la durée totale est comprise entre une valeur intermédiaire D_{int} et la valeur D_{max} . Les variations d'amplitude des clignements
35 sont ainsi normalisées. Ces variations d'amplitude sont

alors exploitables par une fonction caractéristique du niveau de vigilance, dont les calculs sont effectués dans un deuxième sous-module 304. Cette fonction se distingue des fonctions existantes de ce qu'elle

5 réalise des calculs statistiques non pas sur une population de clignements générée durant un intervalle de temps fixe, mais sur une population de clignements composée d'un nombre constant de clignements. L'analyse fine des paramètres de durée des clignements montre

10 que la baisse de vigilance se traduit par l'apparition de séries de clignements dans lesquelles la proportion de clignements, dont la durée est supérieure à des valeurs physiologiques prédéterminées, augmente.

15 La fréquence et la continuité de ces groupes de clignements varient dans des proportions importantes d'un individu à l'autre. Pour un individu donné en état d'hypovigilance, il est tout à fait possible que, durant une période donnée, quelques groupes isolés de

20 clignements longs parmi des clignements de durée normale soient générés. Le calcul de la durée moyenne, connu dans l'état de la technique, de l'ensemble des clignements générés pendant cette période donnera une valeur relativement faible car pondérée par tous les

25 clignements de durée normale qui ont été générés conjointement aux groupes de clignements dans une même fenêtre temporelle.

Le fait de travailler sur des séries de clignements composées d'un nombre constant de

30 clignements permet de séparer les groupes de clignements dont la durée est élevée des séries de clignements à durée normale. La réalisation d'une statistique sur ces séries de clignements composées d'un nombre constant de clignements permet de mettre en

35 évidence de façon précoce et fiable les baisses de

vigilance du conducteur. L'originalité de la fonction caractéristique développée par l'invention est de permettre la détection des baisses de vigilance des conducteurs à l'aide d'une seule fonction réglée avec

5 un seuil de déclenchement d'alarme qui reste le même pour l'ensemble des sujets observés par le système. Cette amélioration par rapport aux techniques existantes vient essentiellement du fait que l'invention a identifié que le signe caractéristique

10 des baisses de vigilance est l'apparition de clignements longs, plus ou moins groupés. La fonction de l'invention qui travaille avec des séries de nombre constant de clignements permet d'isoler ces seules séries de clignements caractéristiques afin d'y

15 appliquer par la suite des traitements numériques adaptés. Certes, la fréquence de ces groupes de clignements longs varie d'un sujet à l'autre pour un niveau de vigilance équivalent. Mais l'invention a montré qu'il est possible d'évaluer le niveau de

20 vigilance des sujets sans tenir compte de la fréquence d'apparition de ces groupes de clignements longs, en se limitant à l'analyse de paramètres statistiques calculés sur ces groupes de clignements longs. Les groupes de clignements longs pourront être pré-traités

25 ou non afin d'adapter la fonction d'évaluation du niveau de vigilance aux objectifs recherchés.

Un exemple de fonction caractéristique peut être le suivant : maximum de la moyenne des séries qui se

30 sont constituées durant un intervalle de temps d'une durée d'une minute. Une série indicée t de clignements est composée des k derniers clignements produits à un instant t par un sujet (par exemple $k = 10$). Lorsqu'un nouveau clignement est produit par le sujet à l'instant

35 $t+dt$, le clignement le plus ancien de la série indicée

t est éliminé et le nouveau clignement est intégré à la série indicée $t+dt$. Le nombre de séries dans un intervalle de temps donné est donc égal au nombre de clignements qui a été généré dans cet intervalle de temps, mais les séries de clignements peuvent être composées de clignements qui ont été produits antérieurement à l'intervalle de temps observé.

Un troisième sous-module 306 seuille les valeurs calculées dans le deuxième sous-module 304 en plusieurs niveaux caractéristiques d'états de vigilance de plus en plus dégradés. Dans un cas particulier de l'invention, deux niveaux de baisse de vigilance sont retenus en plus de l'état de haute vigilance : un niveau d'hypovigilance légère pour lequel le conducteur reçoit un avertissement léger afin de lui signaler que le processus de baisse de vigilance a commencé, et un niveau d'hypovigilance sévère pour lequel le conducteur est averti qu'il est en danger et qu'il peut s'assoupir au volant à tout instant.

Le quatrième sous-système 400 de retour d'informations peut générer une action d'information vers le conducteur ou tout autre type d'action sur l'environnement du conducteur. Divers sous-systèmes d'avertissement sont envisageables. Une réalisation possible de ce sous-système consiste à générer des messages vocaux appropriés. Il est aussi possible d'engager des actions sur les organes du véhicule, comme par exemple mettre en route des clignotants pour signaler aux autres usagers que le conducteur est dans un état avancé de baisse de vigilance, ou même d'engager un ralentissement progressif du véhicule pouvant aller jusqu'à l'arrêt de ce dernier.

L'invention développe donc un système qui détecte le mouvement des paupières. Le système selon l'invention évalue uniquement le début et la fin de clignements, sans jamais chercher à localiser les yeux
5 de façon statique.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule caractérisé en ce qu'il comprend:

- 5 - des moyens (100,200) de détection du mouvement des paupières du conducteur,
- des moyens (300) d'analyse du mouvement des paupières du conducteur,
- des moyens (400) pour fournir une rétroaction au
- 10 conducteur.

2. Système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule selon la revendication 1

15 caractérisé en ce que les moyens de détection du mouvement des paupières du conducteur comprennent notamment:

- des moyens (100) d'acquisition d'image pour acquérir des images notamment du visage du conducteur,
- 20 - des moyens pour extraire de l'image une sous-image, ou masque, contenant uniquement le visage ou une partie du visage,
- des premiers moyens (206,208) de traitement d'image pour réaliser un recalage spatial des sous-
- 25 images acquises à différents instants,
- des second moyens (210) de traitement d'image pour effectuer une différence entre des sous-images acquises.

30 3. Système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule selon la revendication 2

caractérisé en ce que le recalage entre les sous-images acquises est effectué en minimisant une distance entre ces sous-images.

5 4. Système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule selon la revendication 2 ou la revendication 3 caractérisé en ce qu'il comprend des
10 moyens pour ne pas prendre en compte les images qui présentent une différence trop importante avec l'image précédente.

 5. Système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un
15 conducteur de véhicule selon l'une des revendications 2 à 4 caractérisé en ce que les second moyens (210) de traitement d'image comprennent des moyens pour mesurer le temps de clignement des paupières du conducteur.

20 6. Système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule selon les revendications 2 à 5 caractérisé en ce que les seconds moyens de traitement
25 d'image comprennent des moyens pour agrandir artificiellement, sur les images acquises, la taille des pupilles du conducteur.

 7. Système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un
30 conducteur de véhicule selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que les moyens (100,200) d'analyse du mouvement des paupières comprennent:

 - des moyens pour mettre en oeuvre un algorithme d'analyse de séries de clignements, les séries de

clignements étant composées d'un nombre constant de clignements,

- des moyens pour repérer les séries de clignements dont la durée est élevée.

5

8. Système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule selon la revendication 7 caractérisé en ce que l'algorithme d'analyse de série de clignements sauvegarde le maximum de la moyenne des séries de clignements qui se sont constituées durant un intervalle de temps t.

9. Système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule selon la revendication 7 ou la revendication 8 caractérisé en ce que l'algorithme d'analyse de séries de clignements fait intervenir une valeur seuil à laquelle sont comparés des paramètres statistiques calculés sur les séries de clignements dont la durée est élevée.

10. Système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule selon la revendication 9 caractérisé en ce que les paramètres statistiques calculés sur les séries de clignements dont la durée est élevée sont pré-traitées afin de s'adapter à la valeur seuil.

30

11. Système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule selon l'une des revendications 7 à 10 caractérisé en ce que chaque série de clignements est constituée de dix clignements.

35

12. Système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule selon une des revendications 8 à 11 caractérisé en ce que l'intervalle de temps t est de 1 minute.

13. Système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule selon l'une des revendications 2 à 12 caractérisé en ce les moyens d'acquisition d'image comprennent notamment une caméra CCD.

14. Système pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule selon la revendication 13 caractérisé en ce la résolution de la caméra CCD est de 512X512 pixels.

15. Procédé pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule caractérisé en ce qu'il comprend les étapes qui consistent à:

- acquérir de façon non invasive des images du visage d'un conducteur,
- détecter les mouvements de paupières du conducteur,
- traiter les images acquises,
- fournir une rétroaction à l'individu.

30

16. Procédé pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule selon la revendication 15 caractérisé en ce que l'étape consistant à traiter les images acquises comprend les étapes qui consistent à:

- extraire de chaque image une sous-image contenant le visage ou une partie du visage dite masque,
 - conserver uniquement les images ne présentent pas par rapport à l'image précédente, une différence inférieure à un seuil prédéterminé,
 - recalcr les masques successifs,
 - grossir artificiellement les pupilles du conducteur,
 - effectuer une différence entre les masques recalés,
 - mesurer le temps de montée et de descente des pupières,
 - isoler les séries de clignements considérés comme longs après comparaison à un second seuil prédéterminé,
 - sauvegarder le maximum de la moyenne des séries de clignements qui se sont constituées durant un intervalle de temps t.
17. Procédé pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule selon la revendication 15 ou la revendication 16 caractérisé en ce que l'étape constituant à fournir une rétroaction à l'individu comprend l'étape de générer des messages vocaux appropriés.

18. Procédé pour surveiller des yeux afin de détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule selon la revendication 15 ou la revendication 16 caractérisé en ce que l'étape constituant à fournir une rétroaction à l'individu comprend l'étape de mettre en route des clignotants

pour signaler à l'extérieur un état avancé de baisse de vigilance.

19. Procédé pour surveiller des yeux afin de
- 5 détecter et de prévenir des baisses de vigilance d'un conducteur de véhicule selon la revendication 15 ou la revendication 16 caractérisé en ce que l'étape
- constituant à fournir une rétroaction à l'individu comprend l'étape d'engager un ralentissement progressif
- 10 du véhicule, ledit ralentissement pouvant aller jusqu'à l'arrêt du véhicule.

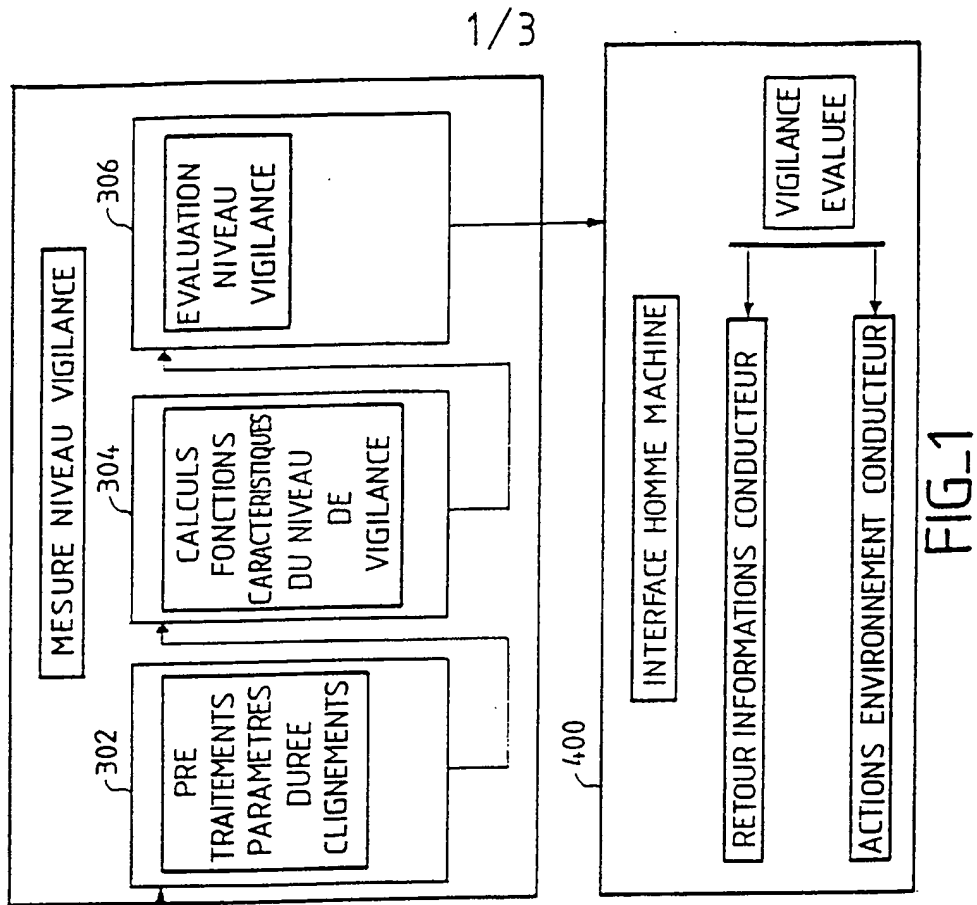


FIG-1

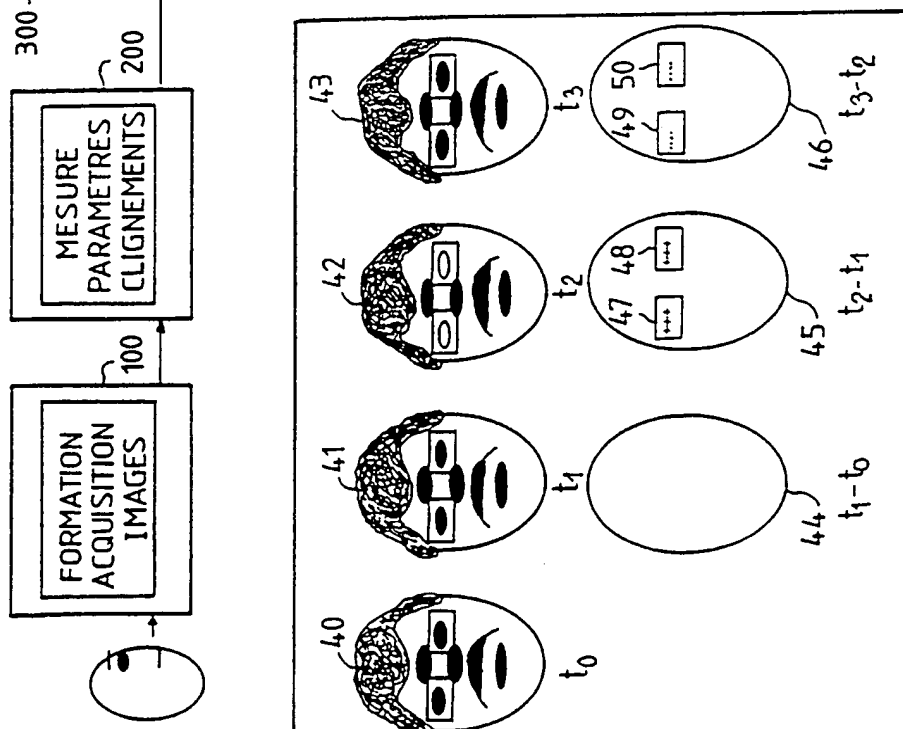


FIG-4

2/3

FIG-3

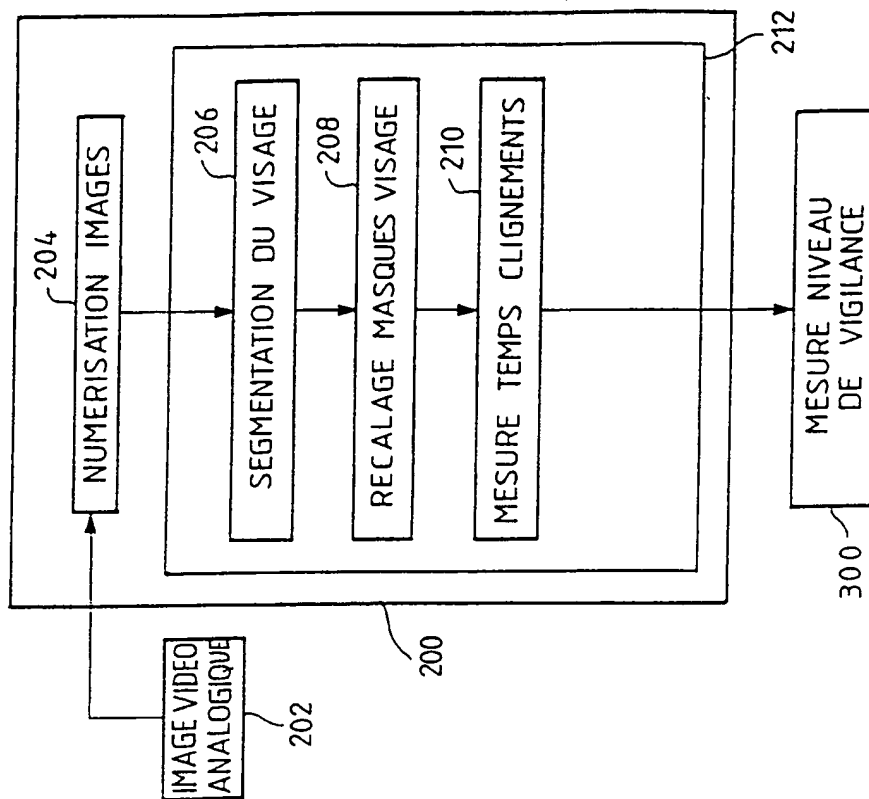
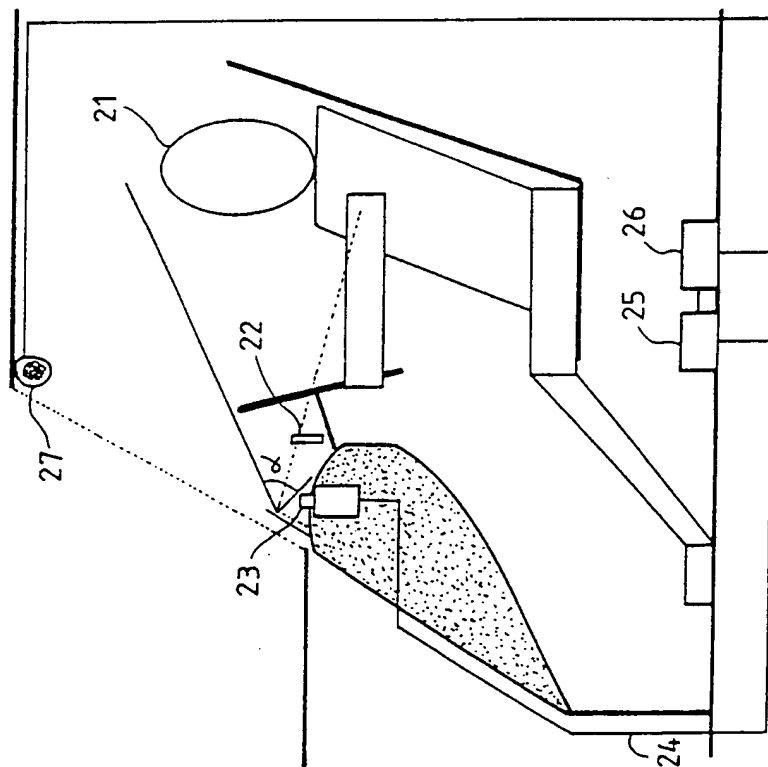
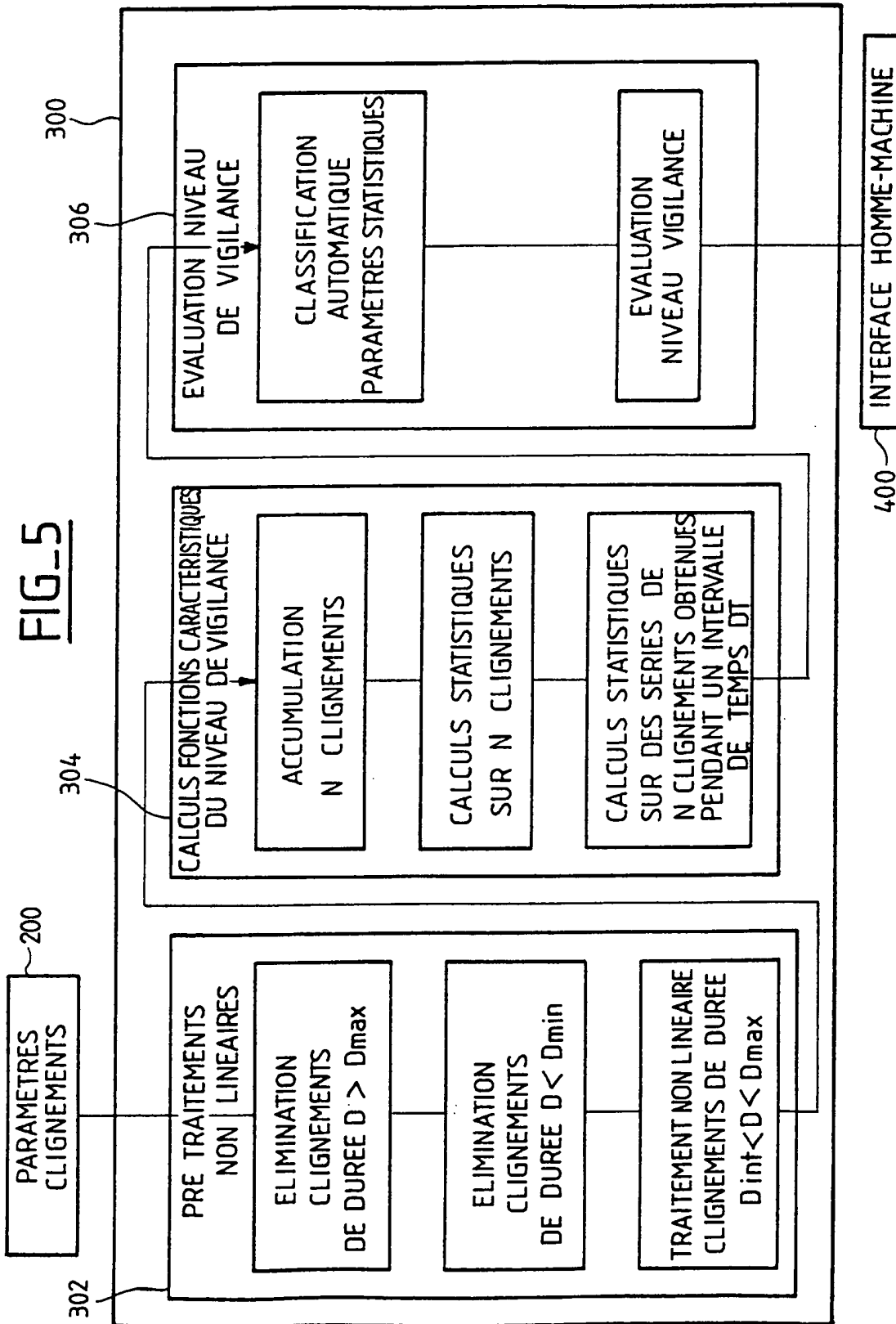


FIG-2



3/3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 99/02571

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 A61B3/113 A61B5/11

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 570 698 A (LIANG CHENG-CHUNG ET AL) 5 November 1996 (1996-11-05) column 2, line 27 - line 65	1-6, 13-15 17,18
Y	column 3, line 58 -column 6, line 62 ---	7-12,16
X	DE 197 15 519 A (MITSUBISHI MOTORS CORP) 6 November 1997 (1997-11-06) column 4, line 1 -column 9, line 9	1,15 7-12,16 2,5,13
Y	---	
A		
X	US 5 293 427 A (UENO HIROSHI ET AL) 8 March 1994 (1994-03-08) column 1, line 29 - line 38	1,15 2,5,13 14,16-18
A	column 4, line 17 - line 54	
A	column 15, line 30 -column 16, line 12 -----	

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 January 2000

Date of mailing of the international search report

19/01/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Martelli, L

Best Available Copy

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/02571

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 5570698	A	05-11-1996	DE	19621435 A	05-12-1996
			FR	2734701 A	06-12-1996

DE 19715519	A	06-11-1997	JP	9277849 A	28-10-1997
			FR	2747346 A	17-10-1997
			US	5786765 A	28-07-1998

US 5293427	A	08-03-1994	JP	2522859 B	07-08-1996
			JP	4216402 A	06-08-1992

Best Available Copy

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demr Internationale No
PCT/FR 99/02571

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 A61B3/113 A61B5/11

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 A61B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 5 570 698 A (LIANG CHENG-CHUNG ET AL) 5 novembre 1996 (1996-11-05)	1-6, 13-15
X	colonne 2, ligne 27 - ligne 65	17,18
Y	colonne 3, ligne 58 -colonne 6, ligne 62 ---	7-12,16
X	DE 197 15 519 A (MITSUBISHI MOTORS CORP) 6 novembre 1997 (1997-11-06)	1,15
Y	colonne 4, ligne 1 -colonne 9, ligne 9 ---	7-12,16
A		2,5,13
X	US 5 293 427 A (UENO HIROSHI ET AL) 8 mars 1994 (1994-03-08)	1,15
A	colonne 1, ligne 29 - ligne 38	2,5,13
A	colonne 4, ligne 17 - ligne 54 colonne 15, ligne 30 -colonne 16, ligne 12 -----	14,16-18

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

11 janvier 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

19/01/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 apo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Martelli, L

Best Available Copy

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 99/02571

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5570698 A	05-11-1996	DE 19621435 A FR 2734701 A	05-12-1996 06-12-1996
DE 19715519 A	06-11-1997	JP 9277849 A FR 2747346 A US 5786765 A	28-10-1997 17-10-1997 28-07-1998
US 5293427 A	08-03-1994	JP 2522859 B JP 4216402 A	07-08-1996 06-08-1992